

# Concept of an hydrothermal energy heat pump system for energetic requalification of historical buildings

Raul Berto<sup>a\*</sup>, Giovanni Cechet<sup>a</sup>, Carlo Antonio Stival<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dipartimento di Ingegneria ed Architettura (DIA), Università degli Studi di Trieste, Via Alfonso Valerio 6/1, 34127, Trieste, Italia

---

## Highlights

Sea hydrothermal energy, mainly deriving from solar radiation, should be taken into account in Renewable Energy Sources as defined in European Directive 2009/28/EC, because of its valuable energy content in specific boundary conditions. A possible application in the city of Trieste refers to exploit this source to serve buildings characterized by high historical and architectural values. The plant provided for this goal consists of two main parts: an open-loop system that picks up seawater adducting it to final users and then restores it to sea, and installations inside buildings, consisting in water-to-water heat pumps in order to meet the energy needs of those ones.

---

## Abstract

Historic buildings are still excluded from the scope of regulatory framework concerning energy efficiency and environmental sustainability since European Directive 2002/91/EC and its following recast. Anyway, it is possible to provide renewable energy source systems in valuable historic buildings according to existing plants characters and possibly controlling complex safety mandatory framework requirements. A case study is presented in order to underline a development of sea hydrothermal energy use in high-value historic building heritage.

---

## Keywords

Historical, Buildings, Hydrothermal, Energy, System

---

## 1. INTRODUZIONE

Gli edifici storici sono stati frequentemente esclusi dall'ambito di applicazione nel quadro normativo inerente l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale, sin dall'emanazione della Direttiva Europea 2002/91/CE [1] – poi riformulata nella 2010/31/UE [2] – inerente le prestazioni energetiche degli edifici. Eppure, gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra e di implementazione delle energie rinnovabili devono passare anche attraverso la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, includendovi gli edifici ad alto valore storico – architettonico, soggetti in Italia al D. Lgs. n. 42/2004 [3].

Il tema principale da affrontare nella riqualificazione energetica degli edifici storici è l'individuazione dei livelli di prestazione oggettivamente raggiungibili, così da assecondare le peculiarità dell'edificio al fine di massimizzarne le potenzialità – come d'altronde avviene nella normativa antisismica, in cui sono differenziati i livelli di sicurezza per gli edifici nuovi ed esistenti. Attualmente la normativa italiana in materia non prevede alcuna differenziazione tra nuovo ed esistente, e fissa un limite univoco (relativo al rendimento globale medio stagionale) nel caso di nuova installazione di impianti termici, senza alcuno specifico riferimento all'edilizia storica. In ambito europeo, la normativa diretta a preservare il patrimonio edilizio storico costituisce il primo ostacolo per il suo efficientamento energetico, in quanto ne restringe le possibilità di azioni di riqualificazione.

---

\* Corresponding author. Tel.: +39-040-5583481; e-mail: raul.berto@phd.units.it

Si intende con questo contributo valutare preliminarmente le possibilità di implementazione di un sistema alimentato da energia idrotermica in un contesto di patrimonio edilizio di alto valore storico - architettonico.

## **2. STATO DELL'ARTE**

Con riferimento ai sistemi energetici negli edifici storici, suddivisi nei cinque sottosistemi di generazione, accumulo, regolazione, distribuzione ed emissione, può risultare difficile intervenire sull'edificio perseguendo obiettivi globali di efficienza di rendimento [4, 5]. L'impianto termico, se coevo all'edificio, può essere esso stesso compreso nell'azione di recupero / restauro, con riferimento ai sistemi di riscaldamento puntuali; in secondo luogo, potrebbe non essere possibile intervenire su uno, o più, dei sottosistemi indicati.

È quindi opportuno che la verifica dell'efficacia dell'intervento sul sistema edificio-impianto sia improntata all'incremento dell'efficienza energetica al livello del singolo sottosistema, senza imporre necessariamente il raggiungimento di prestazioni assolute, stabilite in termini di legge [6]. I possibili obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica nell'edilizia storica dovrebbero, nella massima flessibilità, essere individuati in base alla tipologia, se necessario caso per caso, in quanto il singolo edificio esprime diversi caratteri e potenzialità da sfruttare e possibilmente esaltare, esigenze di utilizzo e condizioni di comfort diversificate e, infine, esigenze di durabilità e conservazione delle strutture e vincoli d'intervento del tutto specifici.

Nel patrimonio edilizio esistente è possibile riscontrare tre situazioni relativamente allo stato di fatto [7]:

- mancanza di impianti tecnici, situazione che comporta un intervento impegnativo in rapporto alla posizione e all'interazione dei sottosistemi con le strutture esistenti;
- impianti tecnici obsoleti o degradati, passibili di rimozione (se privi di valore storico o tecnologico). Gli spazi tecnici liberati, fermo restando il rispetto di specifici requisiti inerenti la sicurezza operativa, l'efficienza e la durabilità, possono essere impiegati per l'installazione di nuovi impianti;
- impianti tecnici in parte riutilizzabili, condizione ricorrente per installazioni successive alla costruzione dell'edificio qualora siano rispettati specifici requisiti.

## **3. METODOLOGIA**

Un efficace intervento di riqualificazione deve partire da un'analisi del comportamento energetico passivo dell'edificio storico. In assenza di un impianto di condizionamento, il controllo delle condizioni climatiche interne è regolato esclusivamente dall'involucro edilizio, considerando qui gli effetti di ponti termici e infiltrazioni incontrollate d'aria.

È possibile allora delineare un approccio in tre passi per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto negli edifici storici:

1. Riqualificazione dell'involucro edilizio. La finalità è eliminare, o ridurre, extraflussi energetici, ponti termici e fenomeni legati alla condensazione superficiale; ciò comporta, tra l'altro, una riduzione della consistenza dell'impianto di climatizzazione.

2. Recupero, nella misura possibile, della funzionalità degli impianti preesistenti. Nel caso in cui una nuova messa in funzione non fosse possibile, anche mediante integrazione con tecnologie moderne, è da valutare il grado di testimonianza storica di cui l'impianto è portatore.
3. Sostituzione parziale o totale dei sistemi esistenti, che richiede l'integrazione con le strutture esistenti, senza causare un'intollerabile alterazione formale, estetica o funzionale [3, 8]: i principi del minimo intervento e della reversibilità dello stesso sono quindi basilari nella riqualificazione degli impianti stessi.

L'inserimento in un edificio storico di nuovi impianti tecnici, o di nuovi elementi tecnici impiantistici, è operazione delicata e di notevole invasività, a causa di vincoli quali la necessità di preservare strutture integre, la conservazione di facciate, il mantenimento degli orizzontamenti e dell'originario spessore, la distribuzione spaziale di locali e vani tecnici. Gli aspetti da considerare già in fase metaprogettuale sono allora:

- la presenza di impianti tecnici esistenti, di possibile recupero ed efficientamento;
- posizione e dimensioni delle installazioni tecniche;
- percorso di reti tecnologiche, tubazioni e condotte;
- disponibilità o possibilità d'installazione di controsoffitti.

Con specifico riferimento ai sistemi di produzione energetica, la loro posizione deve essere definita considerando primariamente la disponibilità di spazi funzionali adeguati all'installazione di impianti termici in contesti storici tutelati, e i relativi standard di sicurezza. Individuate due principali tipologie di produzione, basate rispettivamente sul gas metano e sull'energia elettrica, si evidenzia che:

- gli impianti alimentati a gas metano devono rispettare specifici vincoli di posizionamento; richiedono il posizionamento all'aperto o in spazi dedicati, ventilati, facilmente accessibili dall'esterno; la posizione e la natura del condotto di scarico fumi, infine, è condizione di difficile attuazione nell'edilizia storica specialmente per potenze installate superiori a 35 kW;
- gli impianti alimentati ad energia elettrica (tra questi, le pompe di calore) presentano minori prescrizioni in materia di sicurezza, pur riconoscendone comunque i possibili inconvenienti di natura estetica nelle installazioni all'aperto, e offrono la possibilità di condizionamento dell'aria nell'arco dell'intero anno.

Le maggiori potenzialità offerte dai sistemi di produzione energetica alimentati ad energia elettrica aprono al possibile sfruttamento, mediante sistemi a pompa di calore, di sorgenti calde; tra queste, l'energia idrotermica. La Direttiva Europea 2009/28/CE [9] riconosce quale fonte energetica rinnovabile (FER) l'energia idrotermica disponibile nel sottosuolo e sulla superficie della Terra, in acque superficiali ed acquiferi poco profondi: si possono comprendere tra i bacini idrici superficiali anche bacini marini di limitata estensione quali i golfi. In condizioni di temperatura pressoché costante nel corso dell'anno, non significativamente influenzata dalle condizioni meteorologiche [10], è appropriato sviluppare l'impiego dell'energia termica dei bacini marini.

#### 4. RISULTATI

Un sistema che sfrutti le potenzialità dell'energia idrotermica, in sinergia con impianti a pompa di calore, rappresenta dunque una soluzione di sicuro interesse per gli edifici storici, in quanto contribuisce a risolvere le criticità tipiche dell'integrazione di sistemi FER in contesti tutelati; inoltre, tali sistemi sono utilizzabili nel corso dell'intero anno, invertendo la propria modalità di funzionamento stagionale [11]. Si è considerata, quale sito capace di accogliere soluzioni infrastrutturali efficaci per lo sfruttamento di tale sorgente, l'area del centro storico di Trieste prospiciente il mare; il bacino è caratterizzato da limitate variazioni di temperatura nel corso dell'anno (10 °C in inverno, 15 °C in estate). Nel contesto di Piazza dell'Unità d'Italia si collocano edifici di alto valore storico-architettonico, soggetti a tutela, per i quali è possibile prevedere interventi di efficientamento energetico concernenti gli impianti termici asserviti, evitandone il completo rifacimento.

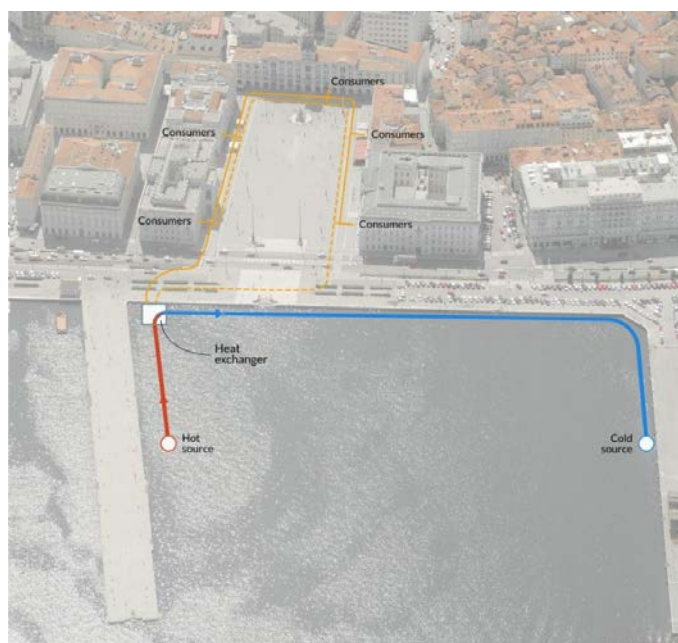
È stato proposto un concept progettuale che illustri operativamente soluzioni per l'utilizzo dell'energia idrotermica del Golfo di Trieste per il condizionamento estivo ed invernale negli edifici compresi in tale ambito. Sono possibili due differenti strutture del sistema che adduce l'acqua del golfo alle pompe di calore a servizio degli utilizzatori finali:

- la prima è costituita da un circuito principale open-loop con anello secondario chiuso. L'acqua marina prelevata è avviata ad uno scambiatore di calore principale, nel quale scambia energia con un fluido tecnico circolante nel circuito closed-loop che, infine, serve le pompe di calore a servizio delle utenze finali. La reimmissione dell'acqua marina avviene a congrua distanza dal punto di prelievo, al fine di evitare un corto circuito idrotermico;
- la seconda è invece costituita da un solo circuito open-loop, per cui l'acqua marina prelevata è avviata direttamente alle pompe di calore delle utenze finali, eliminando così lo scambiatore principale.

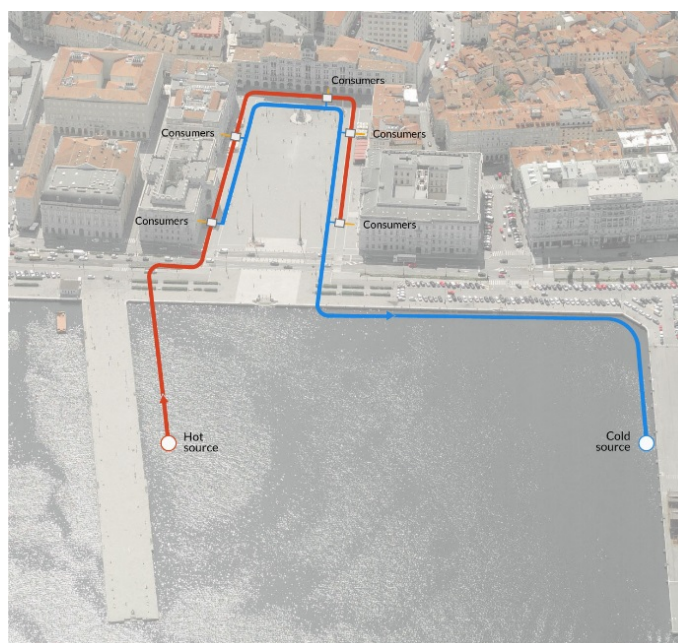
In entrambe le soluzioni, le pompe di calore a servizio dei singoli edifici e gli ausiliari per la circolazione dell'acqua e del fluido intermedio necessitano di energia elettrica potenzialmente derivante da impianto a FER locale o dall'applicazione di smart grid. Questa possibilità, data la natura del sito e le caratteristiche degli edifici da servire, deve tener conto delle problematiche di integrazione degli impianti a FER nel sito e della distanza di approvvigionamento tra punto di produzione dell'energia elettrica e i carichi da servire.

La prima soluzione comprende uno o più scambiatori di calore tra il primo e il secondo anello, il che comporta un maggiore costo di installazione e gestione. D'altro canto, nella seconda soluzione l'acqua di mare viene addotta fino agli utilizzatori finali con conseguente riduzione della lunghezza del tracciato complessivo delle tubazioni; ciò porta, però, a più stringenti esigenze di ispezionabilità e accesso alle tubazioni stesse, a causa delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua marina che circola sull'intero perimetro di Piazza dell'Unità. Nella prima soluzione il percorso dell'acqua marina è sensibilmente inferiore, fatto che porta ad una minore vulnerabilità del sistema all'azione aggressiva dell'acqua di mare e ad un costo minore della manutenzione delle tubazioni e delle pompe di calore.

La seconda soluzione, da un'analisi preliminare, è preferibile dal punto di vista energetico, in quanto è presente un solo punto di scambio termico; la prima soluzione, dotata di scambiatore di calore intermedio, riduce il contenuto energetico disponibile.



*Figura 1. Concept progettuale per un sistema ad energia idrotermica a doppio anello, con prelievo e reimmissione dell'acqua di mare, a servizio degli edifici storici di Piazza dell'Unità d'Italia a Trieste.*



*Figura 2. Concept progettuale per un sistema ad energia idrotermica a singolo anello, che alimenta direttamente le pompe di calore a servizio degli edifici storici di Piazza dell'Unità d'Italia a Trieste.*

È inoltre opportuno evidenziare come la seconda soluzione permette l'implementazione parziale degli edifici serviti: in uno scenario in cui un solo edificio sia dotato dell'infrastruttura tecnica per allacciarsi al sistema

idrotermico, la portata d'acqua nel circuito open-loop è la medesima che a pieno carico (servizio fornito a tutti gli edifici previsti), e quindi la seconda soluzione permette ai diversi utenti di allacciarsi in tempi diversi.

## **5. CONCLUSIONI**

I concept progettuali proposti si collocano in un contesto di alto valore storico ed architettonico, gli edifici pubblici circostanti Piazza dell'Unità d'Italia a Trieste. I sistemi proposti risultano di grande interesse applicativo, in quanto permettono di unificare la produzione energetica per i servizi di condizionamento invernale ed estivo riducendo le azioni di riqualificazione degli impianti esistenti. Il sistema individuato dovrà comunque interfacciarsi con i caratteri architettonici dell'edificio in merito al posizionamento dei generatori e delle reti di distribuzione.

La modifica del quadro normativo di riferimento con la prossima riformulazione del D.P.R. 59/2009 porterà presumibilmente ad una maggiore attenzione al tema della riqualificazione energetica degli edifici storici, consentendo lo sviluppo tecnico di soluzioni innovative sul fronte dell'implementazione dei sistemi energetici a fonti rinnovabili in questo contesto.

## **6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- [1] Direttiva 2002/91/EC del Parlamento europeo e del Consiglio 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.
- [2] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione).
- [3] Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137.
- [4] C. Campanella, Nuovi impianti antichi edifici. Approccio al progetto impiantistico nell'esistente, Recupero e Conservazione, n. 103-104, Edizioni De Lettera, Milano, 2013.
- [5] G. Carbonara (Ed.), Restauro architettonico e impianti, UTET, Torino, 2001.
- [6] R. Adhikari, V. Pracchi, A. Rogora, E. Rosina, La valutazione delle prestazioni energetiche negli edifici storici: sperimentazioni in corso. Il Progetto Sostenibile, Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), n. 28 (2011) 20-27.
- [7] E. Lucchi, V. Pracchi, Efficienza energetica e patrimonio costruito. Maggioli Editore Spa, Milano, 2013.
- [8] Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311, Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- [9] Direttiva 2009/28/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, tecante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- [10] D. Cocco, C. Palomba, P. Puddu, Tecnologia delle energie rinnovabili, Edizioni S.G.E., Milano, 2010.
- [11] A. Cavallini, Le pompe di calore geotermiche, Technical meeting on Energy efficiency, Aermec s.p.a., Quarto d'Altino, 2010.